

①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Patentschrift**
⑩ **DE 199 59 699 C 1**

⑳ Aktenzeichen: 199 59 699.9-52
㉔ Anmeldetag: 10. 12. 1999
㉕ Offenlegungstag: -
㉖ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 22. 3. 2001

㉙ Int. Cl.⁷:
G 01 N 27/00
B 60 K 28/00
F 02 D 41/22
F 02 B 77/08
B 60 R 21/00
B 60 R 21/32
G 01 N 27/18

DE 199 59 699 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑬ Patentinhaber:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑰ Erfinder:
Danner, Edwin, Dipl.-Ing., 71642 Ludwigsburg, DE;
Diesner, Klaus, Dipl.-Ing., 71287 Weissach, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 43 41 437 C1
DE 44 44 907 A1

⑥④ **Vorrichtung zur Überwachung eines Gases in einem Fahrzeug**

⑥⑦ Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Überwachung einer Wasserstoffkonzentration in einem Medium, wobei zumindest ein wasserstoffsensitiver Sensor mit dem Medium in Kontakt ist, wobei der zumindest eine Sensor mit einer Auswerteeinheit verbunden ist und wobei die Auswerteeinheit über Alarmmittel verfügt, um bei Erreichen einer maximal zulässigen Wasserstoffkonzentration im Medium ein Alarmsignal auszulösen, wobei die Auswerteeinheit zumindest zwei getrennte Sensorkanäle aufweist und daß an jeden der zumindest zwei Sensorkanäle entweder ein Analogsensor oder eine kaskadierbare Sensorkette anschließbar ist.

DE 199 59 699 C 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Überwachung eines Gases in einem Medium gemäß dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs.

Bei der Verwendung von explosionsfähigen Gasen, insbesondere Wasserstoff, ist eine zuverlässige Überwachung des Gehaltes des explosionsfähigen Gases in einem Medium wünschenswert. Wasserstoff ist bei Konzentrationen von mehr als 4% in Luft brennbar, bei Konzentrationen über 17,5% sogar explosiv.

Zur Detektion verschiedener Gase sind Sensoren erforderlich, die auf unterschiedlichen Detektionsprinzipien beruhen. Zur Detektion von Wasserstoff sind mehrere Prinzipien bekannt, wie Detektion mittels einer elektrochemischen Zelle, Infrarotabsorption, elektrischer Leitfähigkeitsmessung an Halbleiterdetektoren, katalytische Verbrennung und thermische Leitfähigkeitsmessung.

Aus der DE 43 41 437 C1 ist ein Sicherheitssystem für ein mit gasförmigem Kraftstoff betriebenes Fahrzeug bekannt, welches die Versorgung der einzelnen Fahrzeugkomponenten mit elektrischer Spannung und gasförmigem Kraftstoff überwacht und steuert. Ein Steuergerät empfängt und verarbeitet Signale von verschiedenen Sensoren und erzeugt daraus Fehlermeldungen sowie Freigabesignale für verschiedene in der Spannungsversorgung eingebaute Schalter.

Die üblichen eingesetzten Wasserstoff-Detektoren sind jedoch sehr sensitiv auf Umgebungsbedingungen, so daß der Verwendung bei stark schwankenden Versuchsbedingungen enge Grenzen gesetzt sind.

Aus der DE 44 44 907 A1 ist ein Sensorsystem für mehrere kaskadierbare Sensoren zur Ermittlung eines aktuellen Drehwinkels rotierender Teile, wie beispielsweise die Rotorlage elektrischer Maschinen, bekannt, deren Sensorsignale über einen gemeinsamen Übertragungsweg einer Auswerteschaltung zuführbar sind, bei dem bei Auftreten einer Änderung des Schaltzustands eines Sensors die Schaltzustände aller Sensoren des Sensorsystems an die Auswerteschaltung übertragbar sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Detektion von Wasserstoff anzugeben, welche einfach anzuwenden und gegen starke Temperaturschwankungen stabil ist.

Diese Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen Vorrichtung gemäß Anspruch 1 durch die Merkmale im kennzeichnenden Teil des Anspruchs gelöst.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist eine Auswerteeinheit mit zumindest zwei getrennten Sensorkanälen auf, wobei an zumindest einen der zumindest zwei Sensorkanäle eine kaskadierbare Sensorkette anschließbar ist.

Vorteilhaft ist, daß die Sensorkette auf einfache Weise kaskadierbar ist, so daß mit geringem Aufwand auch hohe Sicherheitsanforderungen erfüllt werden können. Die Auswerteeinheit erkennt einen möglichen Drahtbruch oder einen Kurzschluß an beliebiger Stelle in der Kette. Günstigerweise werden Wasserstoffsensoren in der Kette verwendet, die ein Schaltsignal abgeben, sobald eine kritische Wasserstoffkonzentration in einem Medium, vorzugsweise Luft, erreicht ist. In der Auswerteeinheit kann dazu einfach ein Stromsummensignal gebildet werden. Es genügen wenige Sensoren, vorzugsweise maximal vier Sensoren, in der Kette.

Besonders bevorzugt werden Wärmeleitfähigkeitssensoren verwendet. In einer besonders bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weist jeder Sensor ein Gehäuse auf, wobei ein Wasserstoff-Detektionselement, eine Signalaufbereitung der Sensorsignale und eine Temperaturkompensation

für die Signalaufbereitung und/oder für das Wasserstoff-Detektionselement im Gehäuse integriert ist. Dadurch wird eine Einsatztemperatur der Vorrichtung zwischen -40°C und bis zu 100°C möglich.

Besonders günstig ist die Vorrichtung beim Einsatz in einem wasserstoffbetriebenen Fahrzeug oder einem Fahrzeug, welches ein Brennstoffzellensystem aufweist.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den weiteren Ansprüchen und der Beschreibung hervor.

Die Erfindung ist nachstehend anhand einer Zeichnung näher beschrieben, wobei die Figuren zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 2 eine Detailansicht von zwei parallel geschalteten Sensoren einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Die Erfindung ist besonders für Fahrzeuge geeignet, wie etwa wasserstoffbetriebene Fahrzeuge oder Brennstoffzellen-Fahrzeuge.

In Fig. 1 ist eine bevorzugte Vorrichtung schematisch dargestellt. Eine Auswerteeinheit 1 hat zwei Eingänge als Sensorkanäle 2, 3 für Sensoren. Die Sensoren sind so angebracht, daß sie im Normalzustand nicht mit einem wasserstoffhaltigen Medium in Kontakt sind, wo jedoch im Fehlerfall eine unerwünschte Wasserstoffkonzentration auftreten könnte.

Es kann an jeden der Sensorkanäle 2, 3 je eine Sensorkette 4, 5 oder an einen Eingang 2 oder 3 ein Analogsensor und an den anderen Eingang 3 oder 2 eine Sensorkette. Mittels Sensorketten können sicherheitsempfindliche Bereiche, z. B. wasserstoffführende Leitungen, entlang ihrer Erstreckung überwacht werden.

Natürlich könnte auch je ein Analogsensor an die Sensorkanäle 2, 3 angeschlossen werden.

In der Sensorkette 4 sind Sensoren S1, S2, S3, S4 und in der Sensorkette 5 Sensoren S5, S6, S7, S8 angeordnet. Vorzugsweise sind die Sensoren S1-S4 und S5-S8 digitale Sensoren. Prinzipiell können auch Analogsensoren in einer Sensorkette angeordnet sein. Die Digitalsensoren bieten jedoch den Vorteil, in der Auswerteeinheit 1 auf einfache Weise einen Drahtbruch oder einen Kurzschluß in der Sensorkette zu detektieren, indem die Sensorsignale der Sensorketten in der Auswerteeinheit 1 zu einem Summenpunkt geführt werden und dort die Stromsumme bestimmt wird.

Ein Analogsensor liefert kontinuierlich ein Sensorsignal, vorzugsweise eine Spannung, die dem Gehalt von Wasserstoff im Medium proportional ist, z. B. 1-4 V bei einem Wasserstoffgehalt von 0-4% in Luft. Digitalsensoren geben ein Schaltsignal aus. Solange ein kritischer Wasserstoffgehalt im Medium unterschritten ist, ist der Spannungspegel jedes Sensors S1-S4, S5-S8 konstant, vorzugsweise bei z. B. $U_0 = 5\text{ V}$. Wird ein kritischer Wasserstoffgehalt erreicht, z. B. 1,6 vol% H_2 in Luft, so sinkt die Spannung auf $U_1 = 0\text{ V}$.

Welche Art von Sensoren an den Sensoreingängen 2, 3 und wieviele Sensoren von welcher Art angeschlossen ist, kann über übliche DIL-Schalter in der Auswerteeinheit 1 eingestellt werden.

Wird ein Fehlerfall durch Überschreiten der Schaltschwelle von einem der Digitalsensoren erkannt, oder erkennt die Auswerteeinheit 1 eine zu hohe Wasserstoffkonzentration am Ort eines Analogensors, wird ein Alarmsignal durch ein Alarmmittel 12 ausgelöst, etwa ein akustisches Signal oder ein optisches Signal. Gleichzeitig wird ein Signal an einen Schaltkontakt 11 gegeben, der ein Ventil 10 betätigt, um die Zufuhr des wasserstoffhaltigen Mediums zu unterbrechen und/oder Maßnahmen einzuleiten, die ein weiteres Ansteigen der Wasserstoffkonzentration zu vermeiden.

Der Schaltkontakt 11 fällt ab, wenn eine Überschreitung der maximal zulässigen Wasserstoffkonzentration oder ein Kabelbruch oder ein Kurzschluß in den Sensorketten detektiert wird. Ventil 10 ist über die Leitungen 8 und 9 mit der Auswerteeinheit 1 verbunden.

Der aktuelle Status der Vorrichtung, etwa mögliche Fehlermeldungen der Auswerteeinheit 1, der Wasserstoffgehalt im Medium, kann über eine digitale Schnittstelle 6, z. B. einen CAN-Bus oder eine RS 232, an einen Steuerrechner oder eine ähnliche Datenverarbeitungsanlage (nicht dargestellt) weitergegeben werden. Zweckmäßigerweise werden die gemessenen Wasserstoffkonzentrationen der Sensorketten 4, 5 bzw. der Analogsensoren sowie etwaige aktuelle Fehlerzustände zyklisch an die Schnittstelle 6 abgegeben.

Vorzugsweise ist die Auswerteeinheit 1 in SMD-Technik aufgebaut. Zusätzlich kann noch ein Mikrocontroller (nicht dargestellt) eingebaut sein, der zum Implementieren etwaiger Sonderfunktionen entsprechend programmiert werden kann.

Aus Gründen des Explosionsschutzes kann die Auswerteeinheit 1 die Stromversorgung der Sensoren S1-S4, S5-S8 und von etwaigen Analogsensoren an den Sensoreingängen 2, 3 auf einen Stromwert begrenzen, vorzugsweise auf 100 mA.

Die Auswerteeinheit 1 wird über einen Eingang 7 mit einer Betriebsspannung versorgt, die zwischen 5 und 50 V, bevorzugt zwischen 8 und 32 V, variieren kann. Damit ist der Betrieb über übliche Fahrzeugbordnetze, etwa in Personenwagen oder in Nutzfahrzeugen, möglich. Durch den weiten Bereich der Betriebsspannungen kann die Vorrichtung ohne Änderungen sowohl für Personenwagen als auch für Nutzfahrzeuge als auch für Busse eingesetzt werden.

Besonders vorteilhaft ist es, bei Verwendung der Vorrichtung in Fahrzeugen in der Auswerteeinheit 1 einen Crashsensor vorzusehen. Dieser kann im Fehlerfall ein Signal an das Ventil 10 abgeben, um die Zufuhr des wasserstoffhaltigen Mediums zu unterbrechen.

Die Auswerteeinheit 1 überwacht die Betriebsparameter der Vorrichtung daraufhin, ob Bedingungen erfüllt sind, die der Sicherheit des Systems wegen notwendig sind. Es wird geprüft, ob die Versorgungsspannung in einem zulässigen Bereich liegt, ob die Wasserstoffkonzentration unterhalb eines maximal zulässigen Wertes H_{\max} liegt, vorzugsweise unterhalb von $H_{\max} = 1,6 \text{ vol\% H}_2$ in Luft. Es wird weiterhin der Zustand des Schaltkontakts 11 für das Ventil 10 überprüft, etwa ob das Ventil 10 offen oder geschlossen ist.

Es wird überprüft, ob die Sensorversorgung fehlerhaft ist und ob die Auswerteeinheit 1 funktionsfähig ist.

Vorzugsweise wird als Sensorelement ein Wärmeleitfähigkeitssensor verwendet. Diese weisen geringe Querempfindlichkeiten gegenüber anderen Stoffen auf. So bewirken Benzindämpfe, Dieseldämpfe, Zigarettenrauch praktisch keinen Einfluß auf den Wasserstoffsensoren, während Propan und Butan einen dem Wasserstoff entgegengesetzten Effekt bewirken.

Die Vorrichtung kann sowohl im kontinuierlichen Betrieb als auch intermittierend betreiben werden. Im intermittierenden Betrieb läßt sich so der Leistungskonsum der Vorrichtung deutlich reduzieren.

Über lange Testzeiten zeigt sich eine sehr gute Langzeitstabilität des Systems.

Die Sensoren werden vorzugsweise an solche Stellen z. B. in einem Fahrzeug montiert, wo eine Ansammlung von unerwünscht austretendem Wasserstoff zu erwarten wäre. Die Sensorketten bieten die Möglichkeit, ein wasserstoffbetriebenes System in weiten Bereichen zu überwachen.

In Fig. 2 ist sind zwei Sensoren 13, 14 einer Sensorkette dargestellt. Die beiden Sensoren 13, 14 sind elektrisch par-

allel geschaltet und können jeweils ein Schaltsignal abgeben.

Jeder Sensor S1-S4, S5-S8, 13, 14 weist ein Gehäuse 15 auf. In dem Gehäuse 15 ist ein Wasserstoff-Detektionselement, eine Signalaufbereitung für Sensorsignale und eine Temperaturkompensation für die Signalaufbereitung und/oder für das Wasserstoff-Detektionselement integriert. Das Wasserstoff-Detektionselement detektiert Wasserstoff vorzugsweise mittels Messung der Wärmeleitfähigkeit eines Mediums, welches mit dem wasserstoffsensitiven Bereich des Elements in Kontakt ist.

Die gemessene Wärmeleitfähigkeit des Wasserstoff-Detektionselements wird durch die Signalaufbereitung im Sensor in eine Spannung U_a umgewandelt und in der Signalaufbereitung mit dem Spannungswert $U(H_{\max})$ verglichen, der der maximal zulässigen Wasserstoffkonzentration H_{\max} entspricht. Solange die Messung ergibt, daß der Wasserstoffgehalt niedriger ist, steht ein Ausgangssignal von $U_0 = 5 \text{ V}$ an. Ergibt sich $U_a = U(H_{\max})$, dann fällt das Ausgangssignal auf $U = 0 \text{ V}$.

Um Meßfehler zu vermeiden und ein zufälliges Auslösen zu verhindern, kann bei Erreichen des Zustandes $U_a = U(H_{\max})$ mehrfach geprüft werden, ob der Zustand ansteht. Erst wenn der Zustand über einen längeren Zeitraum ansteht, wird der Schaltkontakt 11 ausgelöst. Vorzugsweise wird geprüft, ob der Zustand mindestens 2 Sekunden andauert. Entsprechendes gilt bei Verwendung eines Analogensors, dessen Ausgangsspannung dem Wasserstoffgehalt proportional ist.

Die Ausgangsspannung U_0 des Wasserstoff-Detektionselements wird in einen Konstantstrom $I_0 = U_0 \cdot R_a$ umgesetzt. Jeder Digitalsensor liefert bei Wasserstoffkonzentrationen unterhalb von H_{\max} denselben Stromwert I_0 . In der Auswerteeinheit 1 werden die Ströme der einzelnen Digitalsensoren in einem Summenpunkt zusammengeführt. Bei 4 Sensoren wird dort im Normalfall ein Stromwert von $4 \cdot I_0$ gemessen, bei 8 Digitalsensoren $8 \cdot I_0$. Detektiert einer der Sensoren in einer Sensorkette einen unerlaubt hohen Wasserstoffpegel, so verändert sich der Stromwert am Strom-Summenpunkt, und der Fehler wird erkannt.

Um eine Abhängigkeit des Signals des Wasserstoff-Detektionselements von der Umgebungstemperatur zu eliminieren, ist eine elektrische Schaltung zur Temperaturkompensation mit in das Gehäuse 15 integriert, welche Temperatureinflüsse auf die Signale eliminiert.

Für Analog- und Digitalsensoren läßt sich im wesentlichen derselbe elektrische Aufbau des Sensors verwenden, wobei die Unterscheidung zwischen Digital- und Analogdetektor in der Signalaufbereitung des Sensors erfolgt.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist besonders für den Einsatz in wechselnden Umgebungsbedingungen, besonders in Fahrzeugen geeignet. Sie ist stabil gegen Feuchteschwankungen zwischen 0-100%, hohen Temperaturschwankungen (-40°C - 100°C), ist EMVverträglich, weist keine störenden Querempfindlichkeiten zu anderen Gasen auf, braucht nicht kalibriert zu werden und hat eine geringe Ansprechzeit von weniger als 1 s. Die Leistungsaufnahme des Systems ist gering. Die Lebensdauer ist groß (> 10 Jahre) und die Vorrichtung ist langzeitstabil. Die Vorrichtung ist unempfindlich gegen Erschütterungen, korrosionsbeständig und preiswert.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Überwachung der Wasserstoffkonzentration in einem Medium, wobei wasserstoffsensitive Sensoren (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, 13, 14) mit dem Medium in Kontakt sind, wobei die Sensoren

(S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, 13, 14) mit einer Auswerteeinheit (1) verbunden sind und wobei die Auswerteeinheit (1) über Alarmmittel (12) verfügt, um bei Erreichen einer maximal zulässigen Wasserstoffkonzentration (H_{\max}) im Medium ein Alarmsignal auszulösen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Auswerteeinheit (1) zumindest zwei getrennte Sensorkanäle (2, 3) aufweist und daß in zumindest einem der Sensorkanäle (2, 3) zumindest einige der Sensoren (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, 13, 14) zu einer kaskadierbaren Sensorkette (4, 5) geschaltet sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorkette (4, 5) aus mindestens zwei Digitalsensoren besteht, wobei die Digitalsensoren zueinander elektrisch parallel geschaltet sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß an zumindest einen der Sensorkanäle (2, 3) ein Analogsensor angeschlossen ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, 13, 14) Wärmeleitfähigkeitssensoren sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Sensor (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, 13, 14) ein Gehäuse aufweist, in dem ein Wasserstoff-Detektionselement, eine Signalaufbereitung der Sensorsignale und eine Temperaturkompensation für die Signalaufbereitung und/oder für das Wasserstoff-Detektionselement im Gehäuse integriert sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Alarmmittel (12) der Auswerteeinheit (1) beim Erreichen einer maximal zulässigen Wasserstoffkonzentration zur Abgabe eines akustischen und/oder optischen Alarmsignals und/oder zum Auslösen eines Schaltmittels (11) zur Unterbrechung einer Zufuhr von Wasserstoff oder eines wasserstoffhaltigen Mediums vorgesehen ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine aktuelle Sensorkombination in einer einzelnen Sensorkette (4, 5), bestehend aus Analogsensoren oder Analogsensoren und Digitalsensoren oder Digitalsensoren, durch DIL-Schalter in der Auswerteeinheit (1) einstellbar ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (1) Mittel zur Überwachung und/oder Begrenzung einer Spannungsversorgung der Sensoren (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, 13, 14) aufweist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (1) zumindest eine digitale Schnittstelle (6) für einen Steuerrechner zur Weitergabe von analogen und/oder digitalen Sensorsignalen an den Steuerrechner aufweist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (1) einen Crash-Sensor aufweist, der vorgesehen ist, um im Fehlerfall zusätzlich die Unterbrechung der Zufuhr von Wasserstoff oder eines wasserstoffhaltigen Mediums zu bewirken.

11. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (1) eine interne Betriebsspannung zwischen 5 und 50 Volt aufweist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (1) Mittel zum Selbsttest und/oder zu einer Sicherheitsabfrage enthält.

13. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (1) einen programmierbaren Mikrocontroller enthält.

14. Verwendung der Vorrichtung nach einem der An-

sprüche 1 bis 13 in einem Fahrzeug mit einem Brennstoffzellensystem.

15. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13 in einem wasserstoffbetriebenen Fahrzeug.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

